

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**FAKULTA TEXTILNÍ**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**LIBEREC 2011**

**KATEŘINA NULÍČKOVÁ**

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**FAKULTA TEXTILNÍ**



**Studijní program - B3107 Textil**

**Studijní obor - technologie a řízení oděvní výroby**

**Hodnocení mačkavosti textilií pomocí úhlu zotavení**

**Evaluation creasing of textile by means of angle recovery**

**Kateřina Nulíčková**

**Vedoucí bakalářské práce:** Ing. Katarína Zelová

**Rozsah práce:**

Počet stran text 30

Počet obrázků 21

Počet tabulek 3

Počet stran příloh 3

# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

## FAKULTA TEXTILNÍ

Akademická rok: 2010/2011

### ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Kateřina Nulíčková

Osobní číslo: T08000273

Studijní program: B3107 Textil

Studijní obor: Technologie a řízení oděvní výroby

Název tématu: Hodnocení mačkavosti textilií pomocí úhlu zotavení

Zadávací katedra: Katedra oděvnictví

#### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proved'te rešerši zaměřenou na parametry ovlivňující mačkavost textilií a metody používané po její hodnocení pomocí úhlu zotavení. Charakterizujte mačkavost a křivku zotavení textilie.
2. Experimentálně stanovte vliv konstrukčních parametrů textilie na schopnost zotavení textilie a anizotropii mačkavosti.
3. Mačkavost vyjádřete jako trvalou deformaci vzniklou v textilii při pomačkání.
4. Zhodnot'te vliv vazby na anizotropii mačkavosti a schopnost zotavení textilie. Formulujte závěrečné zjištění.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

cca 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce:

tištěná

Seznam odborné literatury:

- Dong, X., Zhang, J., and Zhang, Y., Yao, M.: A study on the relaxation behavior of fabric's crease recovery angle, international Journal of Cloathing Science and Technology, 2003.
- Fridrichová, L.: The contribution to the problems of the measurement recovery angle textile samples. 4th. Central European Conference 2005. Book of abstracts, p. 239-240. Liberec, 2005. ISBN 0 7083 967 8.
- Košková, B.: Struktura a vlastnosti vláken, VŠST v Liberci, 1989.
- Staněk, J.: Nauka o textilních materiálech, Díl 1, část 4: Vlastnosti délkových a plošných textilií, VŠST Liberec, 1988. 55-801-88.
- Zelová, K.: K problematice mačkovosti plošných textilií. SVOČ TUL. Liberec 2009. ISBN 978-80-7372-482-5.
- Zelová, K., Fridrichová, L.: Innovated Metod of measuring the urease recovery angles of textiles. 16th International Conference Strutex, Liberec 2009. ISBN 978-80-7372-542-6.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Katarína Zelová  
Katedra oděvnictví

Datum zadání bakalářské práce:

12. listopadu 2010

Termín odevzdání bakalářské práce:

2. května 2011

prof. RNDr. Aleš Linka, CSc.

děkan



doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.

vedoucí katedry

V Liberci dne 12. listopadu 2010

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL, v tomto případě má TUL právo ode mě požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím práce a konzultantem.

V Liberci dne 10. prosince 2010

.....

podpis

## **PODĚKOVÁNÍ:**

Milou povinností každého studenta, bývá poděkovat všem, kteří mu pomáhali k vytvoření bakalářské práce. Proto i já bych chtěla moc poděkovat paní Ing. Zelové za dobré vedení při zpracování bakalářské práce, a za poskytnuté materiály.

Dále bych chtěla poděkovat své rodině, za to že mě podporovali po celou dobu mého studia.

## **ANOTACE**

Práce je zaměřena na mačkavost tkanin. Teoretická část je zaměřena na rešerši parametrů ovlivňující mačkavost textilií a metody hodnocení mačkavosti pomocí úhlu zotavení. Experimentální část je zaměřena na hodnocení mačkavosti pomocí úhlu zotavení inovovanou metodou snímání pomocí web kamery. Cílem této práce je stanovení vlivu konstrukčních parametrů textilie na schopnost zotavení a anizotropii mačkavosti.

### **KLÍČOVÁ SLOVA**

Mačkavost, úhel zotavení, deformace při pomačkání, křivka zotavení, anizotropie

## **ANNOTATION**

My work is about a crease of the textiles. The theoretical part is about background research of the parameters influencing the crease of the textiles and about methods that rate the crease with angle of recovery by innovative method of scanning with web camera. The aim of my work is a determination of influence of the textile construction parameters on recovery ability and anisotropy of the crease.

### **KEY WORDS:**

creasing of textile, crease recovery angle, anisotropy of creasing, recovery of textile, recovery curve

# Obsah

Úvod .....	9
1.1 Mačkovost textilií .....	10
1.1.1 Jednotky mačkovosti .....	10
1.1.2 Deformace vzniklé při pomačkání.....	11
1.2 Parametry ovlivňující mačkovost .....	13
1.2.1 Vlákná.....	13
1.2.2 Příze .....	14
1.2.3 Tkanina .....	15
1.3 Nemačková úprava .....	15
1.4 Měření mačkovosti .....	16
1.5 Faktory ovlivňující měření mačkovosti .....	16
1.5.1 Vliv relativní vlhkosti vzduchu a klimatizace vzorku .....	16
1.5.2 Vliv váhy a doby zatížení .....	16
1.5.3 Vliv doby zotavení .....	17
2 Metody měření mačkovosti .....	17
2.1 Vizuální metody .....	18
2.1.1 Metoda sevřené pěsti .....	18
2.1.2 Metoda fotografická .....	18
2.2 Stanovení mačkovosti pomocí dutého válce .....	18
2.3 Trubička.....	20
2.4 Měření vzdálenosti okrajů .....	20
2.5 Metoda složeného vzorku .....	20
2.6 Metoda Total a American Standard Minimum Requirements .....	21
2.7 Úhlové metody .....	21
2.7.1 Zjišťování mačkovosti – schopnosti zotavení horizontálně složeného vzorku měřením úhlu zotavení .....	22
2.7.2 Stříšková metoda .....	22
2.8 Speciální metody .....	23
2.8.1 Saxlova metoda .....	23
2.8.2 Laboratorní metoda In – 2 .....	23
2.8.3 Hodnocení mačkovosti po praní .....	24
3 Experimentální část .....	25
3.1 Charakteristika použitého materiálu .....	25



3.2	Princip snímání a měření úhlu zotavení .....	25
3.3	Vliv vazby na schopnost zotavení textilie .....	28
3.4	Deformace vzniké při pomačkání.....	31
3.5	Vliv vazby na anizotropii zotavení textilie .....	32
3.5.1	Porovnání anizotropie keprové vazby .....	35
Závěr .....		37
Použitá literatura.....		40
Seznam obrázků.....		41
Seznam tabulek.....		41
Příloha.....		42
Příloha: Hodnoty úhlu zotavení ve 300s materiálů S6, S7, S8.....		43

## Úvod

V dnešní době jsou na textilní výrobky kladeny vysoké nároky. Jak z hlediska kvality, tak z hlediska módy. Nezbytnou součástí je vývoj laboratorních zkoušek pro hodnocení vlastností textilie.

Jednou z přirozených vlastností textilních materiálů je mačkavost textilie. Jedná se o přirozenou vlastnost všech textilních materiálů. Významně ovlivňuje estetický vzhled výrobku. Vysoká hodnota mačkavosti způsobuje změnu nejen estetickou, ale samozřejmě i užitnou hodnotu výrobku. V mnoha případech lze pomačkání odstranit žehlením nebo vyvěšením výrobku. V konečné fázi výroby materiálů lze použít nemačková úprava pomocí chemických prostředků. Mačkavost textilie ovlivňuje řada mechanických chemických a fyzikálních vlastností textilie. Mezi parametry ovlivňující mačkavost patří materiálové složení, dostava tkaniny, tloušťka tkaniny a další. Existují i faktory, které ovlivňují mačkavost během nošení, například teplota nebo vlhkost vzduchu a podobně.

K hodnocení mačkavosti existuje řada metod, od subjektivního pozorování až po akreditované laboratorní zkoušky. Potřebná metoda se volí podle toho, o jakou textilii nebo výrobek se jedná.

Tato práce popisuje parametry ovlivňující mačkavost, metody hodnocení mačkavosti, především zjišťování mačkavosti pomocí úhlu zotavení. Cílem této práce je zjistit vliv konstrukčních parametrů na schopnost zotavení textilie a zjistit vliv vazby na anizotropii mačkavosti.

## 1.1 Mačkavost textilií

Mačkavost patří mezi přirozenou vlastnost všech textilních materiálů. Jedná se o přechodnou změnu či trvalou deformaci textilie, která vzniká běžným užíváním a působením vnějších vlivů. *„Mačkavost lze vyjádřit jako jev, při kterém je plošná textilie náhodně nebo systematicky zmačkána a zatížena. Vnější síly způsobí na přehnutých plochách „zlom“ a doba jejich působení vytvoří na plošné textilii prostorovou deformaci.“* uvádí Staněk a Kubíčková [1]. Vysoká hodnota mačkavosti může ovlivnit užité vlastnosti a estetický vzhled tkaniny nebo konečného výrobku.

Mačkavost ovlivňují různé parametry. Velký vliv má struktura vlákna, zpracování vláknenné suroviny do příze a také konstrukce tkaniny. Stejně tak vznik mačkavosti podporuje tělesná teplota a vlhkost.

Měření mačkavosti lze provádět několika metodami, od subjektivního pozorování až po laboratorní měření. Je nutno brát na zřetel, o jakou textilii se jedná. Textilie po několika údržbářských procesech (barvení, praní, čištění...) ztrácí oproti původní textilii svoji původní pružnost[1].

### 1.1.1 Jednotky mačkavosti

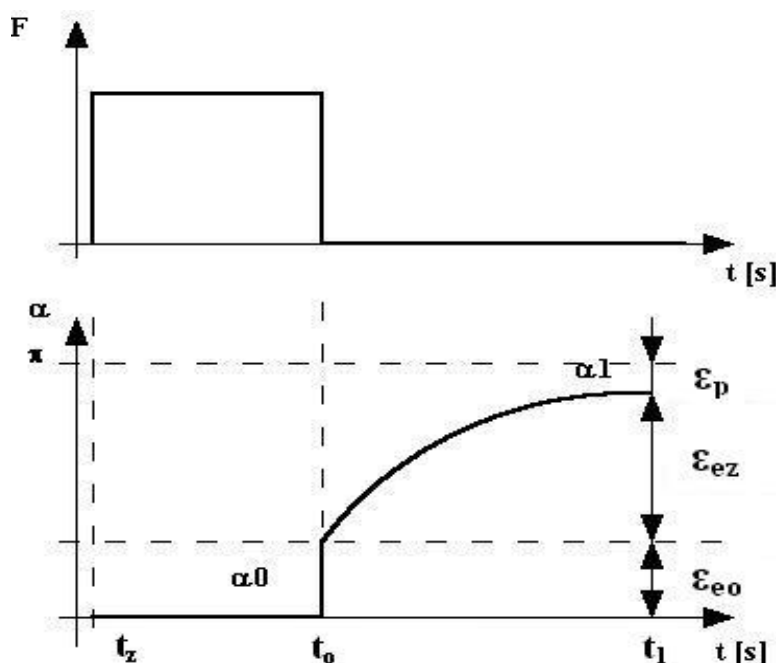
*„Úhel zotavení je úhel, který se vytvoří po odstranění zatížení mezi rameny přeloženého proužku plošné textilie zatíženého po určitou dobu“* uvádí norma ČSN EN 22313 [2]. Úhel zotavení je míra mačkavosti udávaná ve stupních [°]. Čím větší úhel je naměřen, tím je mačkavost textilie menší.

Stupeň mačkavosti je jednotka získaná při měření mačkavosti pomocí úhlu zotavení. Pro měření se dříve používal přístroj UMAK, kde se úhel mačkavosti měřil ručně. Při ručním měření však docházelo k chybám a měření tak nebylo dostatečně přesné. Nově se Fridrichová a Zelová ve své práci [18] zabývají inovovanou metodou měření úhlu zotavení pomocí web kamery. Celý proces je snímán web kamerou a úhel zotavení se měří pomocí počítačového programu Nis Elements. Měření je přesnější než ruční měření na přístroji UMAK. Autorky ověřují novou inovovanou metodu měření úhlu zotavení, porovnávají vypočtené a změřené úhly zotavení. Zabývají se také vlivem struktury textilií na mačkavost a ohybovou tuhost. Způsob měření úhlu zotavení bude využit i v této práci. Metoda měření a vyhodnocení úhlu zotavení bude popsána v experimentální části této práce, kapitola 3.

### 1.1.2 Deformace vzniklé při pomačkání

V průběhu pomačkání vzniká několik druhů deformací. Prostorová deformace a její zotavení vychází ze simulace proužku textilie. Vzorek je přehnut a zatížen závažím o hmotnosti  $m$ , které vytvoří tlakovou sílu  $F$ . Tato síla působí po určitý čas  $t_z$ . Po uplynutí času  $t_z$  se vzorek uvolní. Tento okamžik lze označit jako čas  $t_0$ , kdy začíná vzorek relaxovat. V čase  $t_0$  se vzorek narovná o určitý úhel, který je obrazem okamžité elastické deformace.

Po uplynutí doby relaxace, kdy se vzorek již nenarovnává (zotavování z původní deformace) Je možné odečíst úhel  $\alpha_1$ , který je ekvivalentem konečné (celkové) deformaci, která se skládá z plastické deformace a ze zotavené elastické deformace. [12]



Obrázek 1: Průběh deformace po odlehčení vzorku textilie [12]

Zotavovací proces je zakončen, když úhel  $\alpha$  je konstantní v čase  $t_1$ . Hodnota ( $\alpha_1 - \alpha_0$ ) se definuje, jako úhel elastického zotavení  $\alpha_{EZ}$ , který je ekvivalentní zotavené elastické deformaci. V plošné textilii zůstává zbytkový úhel, který lze charakterizovat jako plošnou deformaci, kterou vyjadřuje vztah:

$$\alpha_p = \pi - \alpha_1 \quad (1)$$

**Deformace elastická (okamžitá)** – závisí především na velikosti síly  $F$  a času zatížení, stejně tak jako na fyzikálních podmínkách, které působí během přehnutí

vzorku (teplota, vlhkost). Deformace vzniká v první sekundě po odlehčení vzorku. Okamžitou elastickou deformaci lze vyjádřit pomocí vztahu:

$$\varepsilon_E = \frac{\alpha_0}{180^\circ} * 100 \quad (2)$$

**Deformace viskoelastická (zpožděná elastická)** – je především způsobena zotavovací schopností textilie a je dána vztahem:

$$\varepsilon_Z = \frac{(\alpha_{300} - \alpha_0)}{180^\circ} * 100 \quad (3)$$

**Deformace trvalá (plastická)** – závisí na množství vazeb ve vláknech, které byly trvale přetrženy nebo přestavěny. Trvalá deformace je dána vztahem:

$$\varepsilon_P = \frac{(180^\circ - \alpha_{300})}{180^\circ} * 100 \quad (4)$$

**Celková deformace** – při pomačkání vznikají jednotlivé deformace výše zmíněné, celková deformace je rovna součtu deformací elastické, zotavené (viskoelastické) a plastické. Lze ji vyjádřit vztahem:

$$\varepsilon_c = \varepsilon_E + \varepsilon_Z + \varepsilon_P \quad (5)$$

kde značí:

$\alpha_0$  – úhel zotavení v první sekundě po sejmutí závaží [°],

$\alpha_{300}$  – úhel zotavení v 300 sekundě [°],

$\varepsilon_E$  – elastická deformace [%],

$\varepsilon_Z$  – zotavená (viskoelastická) deformace [%],

$\varepsilon_P$  – plastická (trvalá) deformace [12]

Při pomačkání vznikají tři druhy deformací: Elastická (okamžitá), zotavená (viskoelastická) a plastická (trvalá) deformace. V první sekundě po sejmutí závaží vzniká deformace elastická. Zotavená (viskoelastická) deformace vyjadřuje zotavovací schopnost zkoušené textilie. Trvalá deformace textilie je nevratná. Součet těchto tří deformací vyjadřuje celkovou deformaci textilie. [12]

## 1.2 Parametry ovlivňující mačkavost

Existuje mnoho parametrů, které mohou mačkavost ovlivnit. Parametry ovlivňující mačkavost souvisejí s vlákny, přízí a tkaninou. Obecně lze říci, že se jedná o fyzikálně – mechanické i chemické vlastnosti vláken a také o morfologickou stavbu vláken. Vliv na mačkavost má i textilní zpracování a vnější vlivy, jako například tělesná teplota a relativní vlhkost vzduchu. Hunter [3] ve své práci uvádí, že k pomačkanějšímu vzhledu více přispívá tloušťka textilie než jemnost vlákna.

### 1.2.1 Vlákna

Textilní vlákna jsou jedním z nejdůležitějších parametrů ovlivňujících mačkavost. Vlákna mohou být buď přírodní nebo chemická nebo také směsová z obou skupin. Přírodní vlákna se častěji a více mačkají než vlákna chemická, což je dáno jejich morfologickou stavbou. Určitý vliv má i průřez vlákna. Vlákna s příčným kruhovým průřezem jsou oproti vláknům s ledvinkovým, eliptickým nebo hvězdovitým průřezem méně náchylná k pomačkání.

Mačkavost se nejvíce zvyšuje v pořadí, jak uvádí ve své práci Sochor [4]:

- vlna
- přírodní hedvábí
- bavlna
- len – lýková vlákna

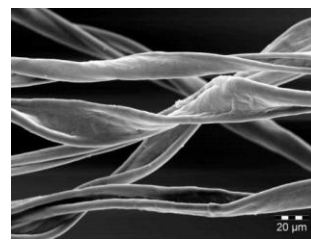
- **vlna** - menší mačkavost vlněných vláken je dána šupinatým, střechovitě uspořádaným povrchem vlákna, a svazovitě uspořádanými fibrilami uvnitř vlákna. To umožňuje větší ohebnost a pružnost vlákna, vlákno je tudíž méně mačkové.



Obrázek 2 vlněné vlákno [19]

- **přírodní hedvábí** - „Přírodní hedvábí je téměř nemačkové, vlákno se skládá z krystalinického jádra obklopenou vnější vysoce pevnou vrstvou. Střed vlákna tvořený krystaly, které jsou orientovány ve směru podélné osy vlákna, je nositelem pevnosti samotného vlákna, zatím co vnější neorientovaná vrstva zapříčiňuje nemačkovost vlákna“ uvádí ve své práci Sochor[4].

- **bavlna** – bavlněná vlákna obsahují značné množství intermicelárních kapilár, které způsobují mačkavost. Příčinou mačkání bavlny a všech celulózových vláken je nabobtnávání vláken ve vodě, kdy dochází ke snížení vazeb mezi řetězci, tvořených především vodíkovými můstky. Energie, která se dodá na ohyb vlákna, se přemění v teplo, které vzniká při posouvání stavebních elementů vlákna v místě ohybu. Při sušení se obnoví vodíkové můstky, které zafixují nové vzdálenosti mezi krystality celulózy a tím i zmačkání. [13]



*Obrázek 3: bavlněné vlákno [19]*

- **len** - lýková vlákna jsou tvořena celými shluky jednotlivých vláken. Surové lněné vlákno obsahuje 65 – 89% celulózy. Vnitřní morfologická stavba je příčinou vysoké mačkavosti.

### 1.2.2 Příze

Vlastnosti příze patří také mezi parametry ovlivňující mačkavost. Textilie vyrobená z ostře kroucené příze je náchylnější k pomačkání. Ostře kroucené příze vykazují příliš velké napětí v tahu i tlaku. Při dodatečném namáhání vzniká trvalá deformace.

Příze velmi málo kroucené mají volnější stavbu, ale soudržnost jednotlivých vláken je malá, a tak se uvolněná vlákna při pomačkání nevracejí do své původní polohy nebo jen velmi nesnadno.

U přízí z krátkých vláken dochází také ke vzniku trvalé deformace. Krátká vlákna mají menší soudržnost, a proto jsou náchylná ke vzniku trvalé deformace.

Za nejméně mačkové lze označit hrubé příze. Obsahují v průměru více vláken než jemné příze. Hrubé příze se nemohou tak ostře ohnout, nevzniká u nich tedy tak velké napětí a dochází k dočasným deformacím.

Fremlová zkoumala vliv různého počtu přádních a skacích zákrutů bezvřetenové příze na žmolkování a mačkavost tkanin. Testovala tři různé příze pomocí mechanických zkoušek. V závěru zhodnotila, že vliv počtu přádních a skacích zákrutů bezvřetenové příze na mačkavost je nepatrný. [4,6]

### 1.2.3 Tkanina

Vzniku tkaniny předchází dlouhý proces: předení, tkaní, zušlechťování. To vše ovlivňuje konečné vlastnosti tkaniny.

Většina tkanin je upravována nemačkovými úpravami pomocí chemických prostředků. Více o nemačkové úpravě v kapitole 3.

Při nemačkové úpravě je důležité, aby chemikálie prostoupily dovnitř textilie. Předpokladem důležité úpravy je dobře zvolená konstrukce tkaniny. Hustá dostava tkaniny znesnadňuje pronikání chemikálie dovnitř tkaniny a může zapříčinit znehodnocení úpravy i tkaniny. Je tedy zřejmé, že tkaniny s volnější vazbou se budou lépe upravovat, a jsou vhodnější pro nemačkovou úpravu. Jedná se například o pánské košiloviny.

Také tloušťka tkaniny má jistý vliv na mačkovost. Obecně lze říci, že čím komplikovanější vazba, tím méně se tkanina mačká. Existují ale i výjimky.[4]

### 1.3 Nemačková úprava

Nemačkovou úpravu lze provádět dvěma způsoby. Náchylná k pomačkání jsou především celulózová vlákna. Zapříčiňuje jí vysoká bobtnavost vláken. Částečně lze mačkovost snížit směřováním s vlákny s nižším procentem bobtnavosti, např.: vlákna živočišného původu nebo syntetická vlákna.

Plošné textilie se dají upravit pomocí chemických prostředků a tím snížit mačkovost. Chemická úprava se provádí nejčastěji u tkanin z regenerované celulózy nebo u materiálů ve směsi s ní. Takto upravené textilie jsou schopny rychlejšího zotavení pomačkání během nošení, praní a vyrovnávání vzniklých zlomů. Při této úpravě se využívá vysokotepeelného síťování za sucha, při čemž vychází ze tří základních operací: napouštění materiálu, sušení a vysokotepeelné zpracování. Síťovací prostředky lze rozdělit do dvou skupin:

- samosíťující prostředky – močovino - formaldehydové předkondenzáty
- reaktanty – dimethylethylenmočovina (DMEU)

Síťováním celulózy reaktanty se omezuje vzájemné posouvání jejich řetězců, tím se zlepšuje schopnost zotavení vlákna i rozměrová stálost. Zároveň se snižuje tažnost a ohybnost vláken a odolnost proti mechanickému namáhání. [7]



## 1.4 Měření mačkovosti

Přirozenou vlastnost všech textilních materiálů mačkovost ovlivňují různé druhy parametrů. I samotné měření mačkovosti ovlivňují faktory, které je třeba zohlednit, aby bylo měření co nejobjektivnější a nejpresnější.

Pro měření existuje několik druhů metod. Nejvíce používanou metodou pro zjištění mačkovosti je měření úhlu zotavení.

## 1.5 Faktory ovlivňující měření mačkovosti

Při měření je nutné brát ohled na faktory, které ovlivňují nejen měření, ale i konečné výsledky. Dále je třeba dodržovat podmínky, které by mohly způsobit nepřesnosti a chyby v měření. Jedná se například o klimatizaci vzorků. Dalšími vlivy jsou relativní vlhkost vzduchu, vliv váhy a doby zatížení vzorku, a vliv doby zotavení.

### 1.5.1 Vliv relativní vlhkosti vzduchu a klimatizace vzorku

Korektních a porovnatelných výsledků dosáhneme, pokud bude provedena klimatizace vzorku v prostředí, kde se provádí měření. Vzorky se klimatizují nejméně 24 hodin ve zkušebním ovzduší. Nejideálnějším způsobem by bylo provádět měření v klimatizovaných pracovních místnostech.

Vliv vlhkosti má za následek změnu chování vlákna, příze a samotné textilie. Přítomnost vlhkosti textilií způsobuje zvýšení mačkovosti. Může docházet i ke zpoždění zotavení textilie, to má za následek vlhkost v pórech textilie. Běžná vlhkost v místnosti se pohybuje okolo 38 – 42%. [8]

### 1.5.2 Vliv váhy a doby zatížení

Je zřejmé, že váha zatížení ovlivňuje míru namáhání přeloženého vzorku, a tedy i deformaci. Je důležité zajistit rovnoměrné zatížení vzorku, a to i v místě, kde dochází k přehnutí. Při větším zatížení je vzorek intenzivněji deformován, což ovlivňuje výsledné hodnoty. Sochor ve své práci uvádí, že „Zjištěný úhel rozevření vzorku neklesá se stoupajícím zatížením a vliv větší váhy je menší.“

Doba zatížení má také svou důležitost. Obecně se doporučuje doba zatížení 10 až 15 minut.[1]

### 1.5.3 Vliv doby zotavení

Při měření mačkavosti je doba zotavení velmi důležitým činitelem, který rozhoduje o číselných hodnotách. Jedná se o časové rozmezí od sejmutí závaží ze vzorku až po dobu měření. Většina norem uvádí časové rozmezí od 3 až 15 minut. Úhel zotavení v závislosti na čase se po sejmutí závaží mění velmi rychle. Je proto nezbytně nutné dodržovat, alespoň předepsanou dobu zotavení. Doporučuje se delší doba zotavení. [1]

## 2 Metody měření mačkavosti

Mačkavost se může měřit téměř u všech plošných textilií. Můžeme ji zkoumat z lící i rubní strany, stejně tak jako ve směru útku a osnovy. Obecně lze říci, že čím je větší úhel zotavení textilie, tím je tkanina méně mačkavá.

Existuje mnoho metod pro měření mačkavosti. Metody lze rozdělit do dvou skupin:

### 1. Podle použité metody měření:

vizuální metody

měření vzdálenosti okrajů

úhlové metody

speciální metody

### 2. Podle způsobu stlačení vzorku plošné textilie při zatížení:

- **uspořádané pomačkání** – tyto metody zahrnují složení, zatížení, odlehčení vzorku a jeho vyhodnocení

- **neuspořádané pomačkání** – simuluje pomačkání, které vzniká při běžném nošení výrobku, měření není přesné, protože zkušební vzorek se porovnává s etalonem.[9]

## 2.1 Vizuální metody

Vizuální metody nepatří mezi objektivní metody. Hodnotí se pouze vizuálně srovnáním s etalony. Ačkoli nezískáme přesná data, jako u laboratorních zkoušek, jsou výsledky rozhodující a důležité z hlediska uživatele. Při běžném nošení výrobku se mačkavost posuzuje pouze vizuálním pozorováním. Mezi vizuální metody patří například:

- metoda sevřené pěsti
- fotografický způsob
- stanovení mačkavosti pomocí dutého válce [1]

### 2.1.1 Metoda sevřené pěsti

Tato metoda je pouze orientační. Metoda sevřené pěsti je vhodná pro uživatele, který si ji může vyzkoušet sám. Provádí se suchou rukou, kdy se vzorek materiálu nebo konečný výrobek zmačká na 5 sekund. Po uvolnění se pozoruje, jak se tkanina vyrovnává. Vlněné materiály se rychle zotaví a vrací do původního stavu. Zatím co bavlněné a lněné tkaniny zůstanou pomačkané s ostrými záhyby a lomy.

Tato zkouška je velmi rychlá, a není zapotřebí žádných pomůcek ani vhodné prostředí. Jak již bylo zmíněno, je vhodná pro každého uživatele. Existují ještě podobné metody, například metoda kroucením nebo metoda uzlem.[9]

### 2.1.2 Metoda fotografická

Fotografická metoda se oproti metodě sevřené pěsti provádí v laboratoři na speciálním přístroji. Často se měření provádí na čtvercovém vzorku, který se upne mezi dvě čelisti. Spodní čelist je pevná a horní čelist se pohybuje nahoru a dolů. Po zmačkání se pořídí fotografie vzorku. Vzorek může být následně použit i pro měření pružnosti tkaniny.[1,9]

## 2.2 Stanovení mačkavosti pomocí dutého válce

Stejně tak jako metoda fotografická se metoda stanovení mačkavosti pomocí dutého válce provádí v laboratoři. Blíže tuto zkoušku popisuje norma ČSN 80 0871.

Norma uvádí definici zkoušky takto: „Metoda spočívá ve stanovení odolnosti proti tvoření skladů a lomů vlivem působení zatížení na elementární vzorek plošné

*textilie svinutý do tvaru dutého válce a v hodnocení jeho vnějšího vzhledu porovnáním s trojrozměrnými etalony. “*

Zkouška se provádí minimálně na dvou vzorcích stejného materiálu, velikost vzorku je standardně 325x200mm. Na zkoušených vzorcích nesmějí být žádné vady materiálu ani pomačkané lomy. Hmotnost závaží, které se používá k měření, je 1-6kg. Doba působení závaží může být 10 nebo 20 minut. Stejně důležitá je i doba relaxace vzorku. Ta může být 5, 10, 15, 30, 45, 60 minut nebo 24 hodin. Relaxační doba 24 hodin se používá jen výjimečně.

Měření probíhá tak, že se horní deska přístroje uvede do výchozí polohy a upevní se ve vzdálenosti 150 ( $\pm 5$ ) mm od spodní desky. Pomocí vinutých pružin se upevní vzorek tak, aby nevytvářel sklady, a to označenou delší stranou dolů a lícem ven. Kratší strany vzorku se položí na sebe ve vzdálenosti asi 10 mm, lehce se ručně sešijí přibližně 4 stehy, uvolní se zajišťovací šroub a vrchní deska se pomalu spustí na spodní. Opatrně se přiloží závaží (začátek doby zatížení) a po uplynutí stanovené doby se závaží sejme. Pak se nejpozději do 10 sekund se vysune horní deska nahoru, odstraní se stehování, sejmou se vinuté pružiny a elementární vzorek se bez žehlení uloží lícni stranou nahoru na desku z umělé hmoty (začátek doby zotavení).

Po uplynutí doby relaxace (5, 10, 15, 30, 45 nebo 60 minut) se vzorky porovnávají s trojrozměrnými etalony, pomocí kterých ohodnotíme vzorky stupněm mačkavosti od 1 do 5. Přičemž nejnižší stupeň 1 znamená, že tkanina je nejvíce mačkavá a hodnota 5 značí nejméně mačkavý materiál. Je dobré, když hodnocení provádí alespoň dvě osoby, aby bylo hodnocení objektivnější. [10]



*Obrázek 4: Přístroj pro měření mačkavosti s etalony a závažím [9]*

## 2.3 Trubička

Trubičková metoda patří mezi jednodušší metody a uplatnila se pouze pro orientační zkoušky. Používají se vzorky o rozměru 100x100mm, které se diagonálně stočí lící stranou dovnitř a vloží se do trubičky, kde se zatíží závažím 1kg nejčastěji na 30 minut. Po uplynutí relaxační doby (1, 5, 60 minut) se hodnotí vzorek podle etalonu. [11]

## 2.4 Měření vzdálenosti okrajů

Tyto metody spočívají na principu měření vzdálenosti měření vzdálenosti okrajů zkoušeného vzorku před a po zmačkání. Tyto zkoušky lze nazvat též jako harmonikové metody. [4]

Mezi tyto metody patří:

- metoda složeného vzorku
- Total
- American Standard Minimum Requirements

## 2.5 Metoda složeného vzorku

Tato metoda se používá nejčastěji na košiloviny. Dá se říci, že se jedná o simulaci zotavení oděvu na ramínku. Principem zkoušky je složení dlouhého proužku textilie do tvaru harmoniky a zatížení. P odlehčení je jedním koncem zavěšen na svorky, kde probíhá zotavení pomocí gravitační síly.

Časový průběh zotavení není zcela stejný jako u zotavení u úhlových metod, protože zde má vliv i vlastní tíha vzorku. Vyhodnocení zotavení je dáno vztahem: [1,11]

$$z = \frac{l_o - l_z}{l_o} 10^2 \quad (6)$$

kde značí:

$l_o$	původní délka vzorku
$l_z$	zotavená délka vzorku

## 2.6 Metoda Total a American Standard Minimum Requirements

Mezi další harmonikové metody patří metody Total a American Standard Minimum Requirements. Jedná se o metody, které jsou velmi podobné těm úhlovým.

Vzorek se přeloží a zatíží závažím po dobu 5 minut. Po sejmutí závaží se vzorek zavěsí na ocelovou strunu umístěnou nad zrcátkem se stupnicí v mm. Po dané době relaxace se odečte vzdálenost obou konců vzorku. Nemačkovost se tak vyjádří v mm. U metody American Standard Minimum Requirements se výsledek zkoušky vyjádří pomocí vzorce:

$$\% \text{ zotavení} = l - \frac{l_o - l_n}{l_n} * 100 \quad (7)$$

Kde:

$l_o$  - původní délka

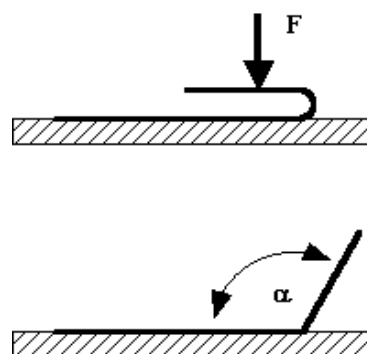
$l_n$  - naměřená délka

Tyto metody mají řadu nevýhod, a proto se v dnešní době od nich téměř upustilo. Jedna z nevýhod je, že vzorky musí být všechny stejně dlouhé. Není vyloučeno, že při zavěšení nedochází k prověšení vzorku. Jednou z velkých nevýhod je složité ruční skládání vzorku. Mělo by být přesné a pečlivé, aby byly výsledky porovnatelné a co nejpřesnější. [1]

## 2.7 Úhlové metody

Úhlové metody v dnešní době patří mezi nejrozšířenější pro zjišťování mačkovosti textilií. Od počátku prošly velkým vývojem, především co se týká měření úhlu zotavení.

Základní princip spočívá v přehnutí obdélníkového proužku o  $180^\circ$ , v tom stavu se zatíží na určitou dobu. Po odlehčení se změří úhel zotavení, na který se vzorek samovolně otevře. Čím je úhel zotavení větší, tím je mačkavost menší.



Obrázek 5. Zjišťování mačkovosti[4]

### 2.7.1 Zjišťování mačkovosti – schopnosti zotavení horizontálně složeného vzorku měřením úhlu zotavení

Jedná se o akreditovanou laboratorní zkoušku podle evropské normy ČSN 22313. Norma uvádí: „...u plošných textilií ohebných (měkkých), tlustých, a se sklonem ke kroucení lze velmi obtížně zjistit úhel mačkovosti a proto může vést k nepřesnosti. To se stává u mnoha tkanin z vlny a směsí s vlnou.“

Pro zkoušku se používají obdélníkové vzorky o velikosti 40x15mm. Zkušební vzorky se nechávají klimatizovat nejméně 24 hodin v normálním zkušebním ovzduší, které uvádí norma ISO 139. Vhodná teplota je  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , relativní vlhkost vzduchu  $65 \pm 2\%$ . Pokud se měření provádí při vysoké vlhkosti, klimatizují se vzorky 24 hodin při teplotě  $35 \pm 2^\circ\text{C}$  a relativní vlhkosti vzduchu  $90 \pm 2\%$ .

Přístroj pro měření se skládá z kruhové stupnice s dělením na stupně a z držáku na vzorek, který umožňuje držet vzorek je ve vodorovné poloze.

Zkušební vzorek se pomocí pinzety přehne a zatíží hmotností  $m$  na dobu 5 minut. Délka přehybu  $l_p$  je dána plošnou hmotností textilie (Tabulka 1.). Po odstranění závaží se nechá vzorek volně zotavit 5 minut a změří se úhel zotavení  $[\circ]$ . [2]

Tabulka 1 Délka přeloženého vzorku

$l_p$ (mm)	5	10	15
$\beta_s$ kg*m <sup>-2</sup>	0,1	0,1-0,5	0,5

### 2.7.2 Stříšková metoda

Metoda se používá s ohledem na tuhost plošné textilie. Zatížení se provádí separátně. Zmačknuté proužky se přemístí na odečítací zařízení, kde se odečte úhel  $\beta$ . Průběh měření začíná změřením úhlu před přehnutím  $\beta_z$  (tuhost). Následně se vzorek zatíží a poté se odečte úhel zotavení  $\beta_i$  v čase  $t$ , což popisuje následující vztah. [12]

$$M = \frac{\beta_i - \beta_z}{\pi / 2 - \beta_z} * 100 \quad (8)$$

Kde:

$\beta$  - úhel  $\beta$  v čase  $t$

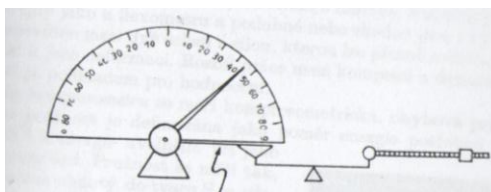
$\beta$  - úhel základní

Mezi úhlové metody patří zejména metoda hodnocení mačkavosti – schopnosti zotavení horizontálně složeného vzorku měřením úhlu zotavení a stříšková metoda. Úhlové metody patří mezi nejvíce používané. Mezi úhlové metody lze zařadit i novou inovovanou metodu hodnocení mačkavosti pomocí úhlu zotavení, který je snímán web kamerou. Tato metoda patří mezi objektivní a v dnešní době hodně zkoumané. I tato práce zkoumá tuto metodu v experimentální části.

## 2.8 Speciální metody

Speciální metody se používaly dříve, v dnešní době se od nich upouští. Patří mezi ně například Saxlova metoda, metoda In – 2 nebo metoda hodnocení mačkavosti po praní.

### 2.8.1 Saxlova metoda



Obrázek 6: Saxlova metoda [1]

Zkouška spočívá v upevnění vzorečku jedním koncem na podložku do měřicího přístroje (obrázek 7), která je opatřena ručičkou pohybující se na úhlové stupnici. Druhý volný konec vzorečku je na jednom rameni vah. Úhly změřené na stupnici odpovídají určitému zatížení potřebnému k vyvážení vah. Závislost mezi zatížením a naměřeným úhlem se zanesse do diagramu, ze kterého lze vyčíst tuhost nebo elasticnost tkaniny. [4]

### 2.8.2 Laboratorní metoda In – 2

K této metodě se používá kruhový vzorek o průměru 90 mm, který se zmačká na deformačním přístroji. Pomačkaný vzorek umístí na horizontálně se otáčející kotouč elektronického fotometru. Po uplynutí doby na relaxaci se na vzorek nasměruje světelný paprsek (obr). Kotouč se otáčí 12krát po 30°. Množství světla, které projde analyzátozem, závisí na odolnosti textilie vůči pomačkání a velikosti záhybů. Platí, že čím více světla projde, tím méně se tkanina mačká.



Z naměřených hodnot se vypočítá průměr, který vyjadřuje nemačkovost textilie v procentech. Při tomto měření nezískáme hodnoty srovnatelné se zkouškami, kdy se hodnotí mačkovost podle etalonů se stupni 1-5. Speciálně pro tuto metodu byla vytvořena klasifikační tabulka (viz Tabulka 2) [11]

*Tabulka 2. Klasifikační tabulka pro metodu In – 2 [11]*

Popisné hodnocení nemačkovosti	Nemačkovost	Subjektivní hodnocení nemačkovosti
Textilie zůstává silně zmačkaná, je nutné dlouhodobé žehlení	0 – 40	Nízká nemačkovost
Na textilií zůstávají ustálené záhyby, k jejich odstranění je nutné žehlení	41 – 60	Střední nemačkovost
Na textilií zůstávají slabé záhyby, které se snadno odstraňují žehlením.	61 -80	Dobrá nemačkovost
Při sušení textilie na ramínku záhyby téměř zmizí. Je třeba lehce přežehlít	81 – 95	Velmi dobrá nemačkovost
Při sušení na ramínku záhyby zcela zmizí. Žehlení není nutné	96 - 100	Výborná nemačkovost

### 2.8.3 Hodnocení mačkovosti po praní

Používá se u prádlových textilií. Zkouška spočívá v tom, že vzorek o velikosti 400x400 mm se na okrajích zajistí proti třepení a vloží se do bubnové pračky. Po vyprání se vzorky neždímají, ale nechají se vysušit v klimatizovaném prostředí. Výsledné pomačkání se porovnává s etalony při šikmém osvětlení. Etalony mají stupnici 1 – 5, přičemž stupeň jedna znamená největší pomačkání.[14]

Speciální metody: saxlova metoda, metoda In -2 a hodnocení mačkovosti po praní se v dnešní době už moc nepoužívají. V dnešní době se od nich upouští a upřednostňují se metody úhlové. Konkrétně metoda snímání úhlu zotavení pomocí web kamery, která umožní změřit úhel zotavení s velkou přesností. Blíže o této metodě v experimentální části.

### 3 Experimentální část

Experimentální část je zaměřena stanovení vlivu konstrukčních parametrů textilie, schopnost zotavení textilie a na anizotropii mačkovosti. Měření bylo prováděno inovovanou metodou snímání úhlu zotavení na katedře KOD ve spolupráci s Ing. Zelovou. Pro experimentální část byly použity kruhové vzorky, které blíže popisuje kapitola 5.1. Pomocí vzorků byl měřen úhel zotavení, který byl snímán web kamerou a poté změřen v programu Nis Elements AR.

#### 3.1 Charakteristika použitého materiálu

Ke zkoušce byl použit materiál s názvem Spolsin. Tyto materiály byly poskytnuté Ing. Zelovou. Jedná se o 100% bavlněný materiál, vyrobený technologií PRST. Jemnost je 29,5tex. Materiál je v keprové vazbě. Ke zkoušce bylo použito tři materiálů (dále jen S6, S7, S8), které se lišily provázáním nití v keprové vazbě. Následující tabulka 3. ukazuje parametry použitých materiálů.

*Tabulka 3. Parametry použitých materiálů*

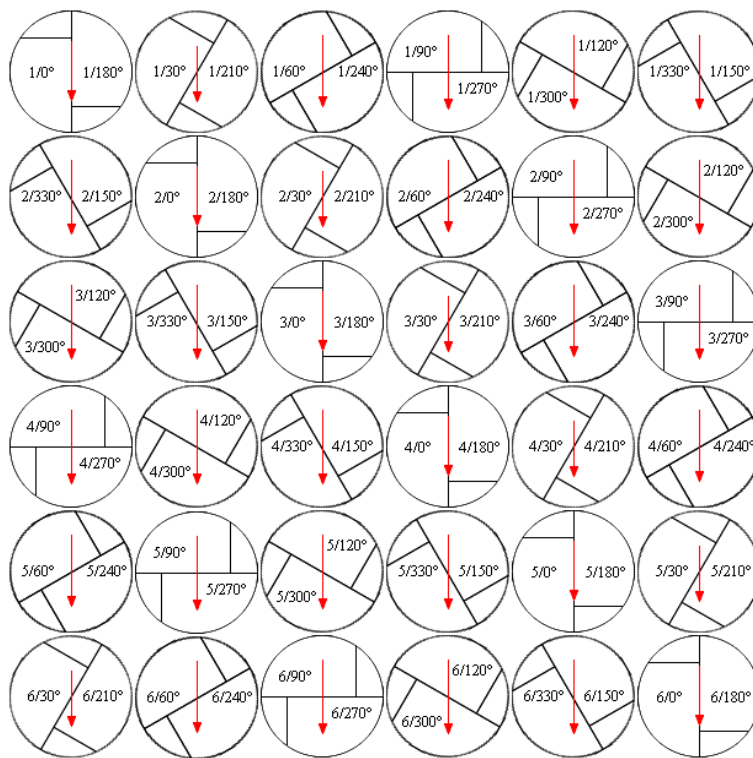
Číslo vzorku	Mat. složení	Vazba	Do [počet nití/10cm]	Dú [počet nití na 10cm]
<b>S6</b>	100% CO	Keprová ½	240	240
<b>S7</b>	100% CO	Keprová 1/5	240	240
<b>S8</b>	100% CO	Keprová 2/4	230	240

#### 3.2 Princip snímání a měření úhlu zotavení

Celé měření od zatížení vzorku až do ukončení doby relaxace vzorku bylo snímáno webkamerou. Naměřená data se ukládala do PC a pomocí speciálního počítačového programu byl změřen úhel zotavení.

- 1. Příprava vzorků pro měření - vzorky**, na kterých bylo prováděno měření, měly tvar kruhu o průměru 45mm. Na každém vzorku byla naznačena osnova materiálu a úhel, v kterém se měřil úhel zotavení. Vzorek střížený ve směru osnovy byl přehýbán ve směru útku a naopak vzorek střížený ve

směru útku přehýbán ve směru osnovy. Měření bylo prováděno vždy po  $30^\circ$ , tedy  $0^\circ/180^\circ$ ,  $30^\circ/210^\circ$ ,  $60^\circ/240^\circ$ ,  $90^\circ/270^\circ$ ,  $120^\circ/300^\circ$ ,  $150^\circ/330^\circ$ . Každý úhel se vždy měřil u 6 vzorečků, jak ukazuje následující obrázek 8. Zkušební vzorky se vždy klimatizovaly v prostředí, kde probíhalo měření. Teplota v laboratoři se pohybovala okolo  $25^\circ\text{C}$  a vlhkost vzduchu okolo 38%.

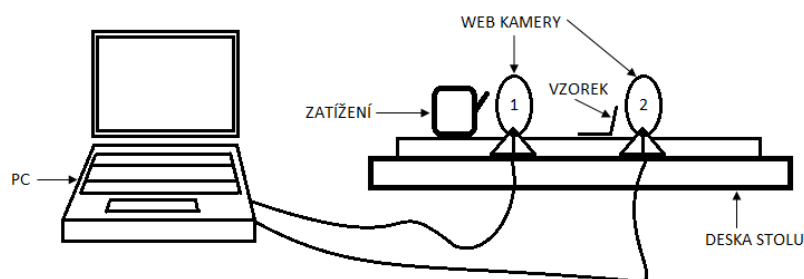


Obrázek 7: Vzorky připravené k měření [14]

Kruhové vzorky umožnily měření úhlu zotavení najednou pro dva směry. Proto stačí pro měření jedna sada, která obsahuje 36 vzorečků, ale lze s ní provést 72 měření. Další výhodou měření u vzorku ve tvaru kruhu je měření úhlů zotavení ve všech směrech. U vzorků ve tvaru obdélníku se měřil úhel zotavení jen ve směru osnovy a útku.

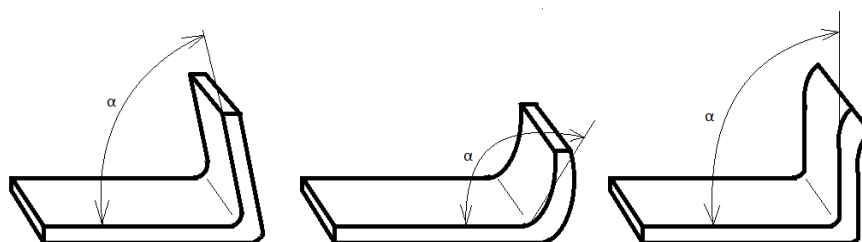
2. **Snímání úhlu zotavení pomocí web kamery:** Kruhový vzorek byl rozdělen v označení na dvě části. Každá část vzorku se upevnila pod podložku. Vzorek se pomocí pinzety přehnul v označení 1 cm od kraje a byl zatížen závažím po dobu 5 minut. Po uplynutí doby bylo závaží sejmuto a vzorek mohl relaxovat. Celý proces je snímán kamerou, která je napojena na PC. Všechna data se ukládají do počítače. Web kamera snímá celý proces měření, od samotného zatížení po celou dobu relaxace vzorku, proto se jedná

velmi přesné měření. Je dokázáno, že u ručního měření například na stroji UMAK dochází k chybám, až o  $4^\circ$  oproti tomu u měření pomocí web kamery dochází k chybě o pouhý  $0,5^\circ - 1^\circ$ . Díky web kameře je možné zachytit úhel zotavení již v první sekundě po sejmutí závaží ze vzorku. Kamera během relaxace zaznamenala 24 fotografií. Prvních 10 fotografií nasnímal každou sekundu, následně nasnímal 4 fotografie každou 1 minutu před ukončením relaxace vzorku.



Obrázek 8: Princip měření

- 3. Měření úhlu zotavení pomocí Nis Elements:** Pro měření úhlů zotavení byl použit program Nis Elements AR. Úhel zotavení se měřil na fotografiích pořízených web kamerou. Vzhledem k tomu, že při zotavení dochází k různým deformacím volného ramene vzorku, je důležité dodržovat jednotný systém měření úhlu zotavení (obrázek 9), aby byly výsledky porovnatelné a co nejpřesnější.



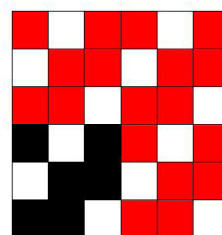
Obrázek 9: Měření úhlu zotavení

### 3.3 Vliv vazby na schopnost zotavení textilie

Na schopnost zotavení tkaniny má také vliv vazba textilie (provázání nití). Již v kapitole 2.1 bylo řečeno, že tkanina S6 má vazbu K 2/1. Tato vazba je nejvíce podobná vazbě plátňové. Na obrázku 11 je znázorněn snímek vzorku S6 a na obrázku 12 je vyobrazena střída tkaniny a rozkreslení po střídě.



Obrázek 10: Snímek vzorku S6[18]

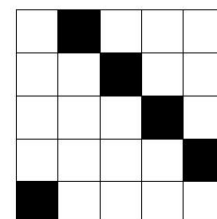


Obrázek 11: Střída vazby a rozkreslení po střídě u mat. S6[18]

Na obrázku 13 je zobrazen snímek vzorku tkaniny S7 s keprovou vazbou 1/4L, na obrázku 14 je znázorněna střída vazby S7. Střída vazby tkaniny je nejmenší část vazby, která se v celé ploše pravidelně opakuje.



Obrázek 12: Snímek vzorku S7[18]

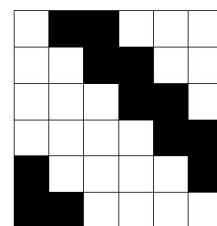


Obrázek 13: Střída vazby a rozkreslení po střídě u mat S7[18]

Na obrázku 15 je vyobrazen snímek vzorku S8 a na obrázku 16 je znázorněna střída vazby tkaniny S8, s keprovou vazbou K2/4L.



Obrázek 14: Snímek vzorku S8[18]



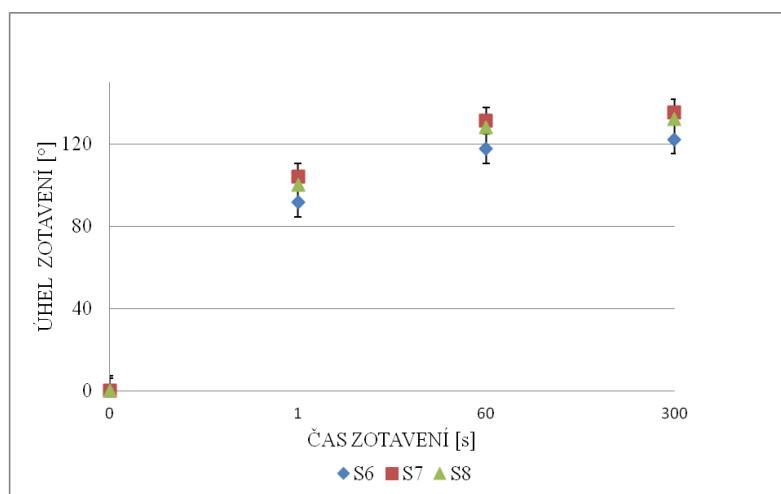
Obrázek 15: Střída vazby a rozkreslení po střídě u mat. S8[18]

Jak už bylo řečeno, při snímání úhlu zotavení je možné zjistit úhel zotavení už v první sekundě po sejmutí závaží. Úhel zotavení byl změřen pomocí speciálního programu Nis Elements. V následující tabulce 2 jsou uvedeny hodnoty úhlu zotavení materiálů v keprové vazbě S6, S7, S8 a znázorněny v obrázku 16.

Tabulka 2: Průměrné úhly zotavení v 1. 60. 300. sekundě po sejmutí závaží

Doba zotavení [s]	S6 K1/2	S7 K1/5	S8 K2/4
<b>1</b>	91,81	104,26	100,22
<b>60</b>	117,85	131,35	128,06
<b>300</b>	122,29	135,46	132,26
<b>Pořadí (1-5)*</b>	3	1	2
<b>Rozpětí <math>\alpha_{60} - \alpha_1</math> [°]</b>	<b>26,04</b>	<b>27,09</b>	<b>27,84</b>
<b>Rozpětí <math>\alpha_{300} - \alpha_{60}</math> [°]</b>	<b>5,29</b>	<b>4,11</b>	<b>4,2</b>

\* 1- nejmenší mačkavost, 5 – největší mačkavost



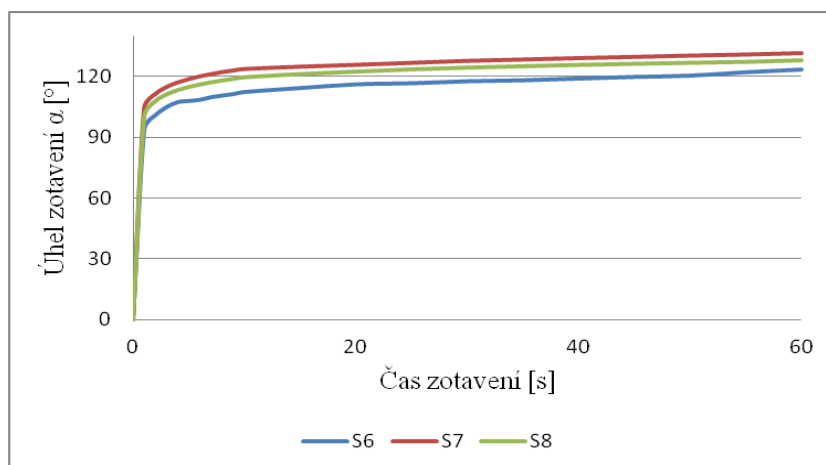
Obrázek 16: Úhel zotavení V 1,60,300 sekundě

Úhel zotavení  $\alpha$ , vytvořený okamžitě po odstranění zatížení změřený mezi rameny přeloženého vzorku textilie v 1s je největší u materiálu S7. Velké zotavení tohoto materiálu lze přisoudit delší délce plovoucích nití (flotážím) u této vazby. Se zmenšováním délky plovoucích nití se zmenšuje i okamžitý úhel zotavení o 4°. Materiál keprové vazby K1/2 S6, který má nejkratší délku plovoucích nití, vykazuje

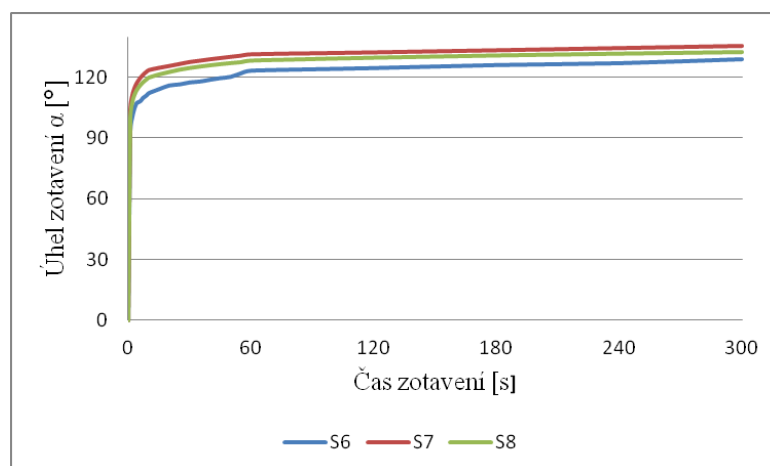
nejmenší míru zotavení. U tohoto materiálu nabývá úhel zotavení v první sekundě po odlechčení vzorku pouze hodnoty  $91^\circ$  což je o  $12^\circ$  méně než u materiálu S7.

Druh keprové vazby ovlivňuje okamžité zotavení textilií a následně je ovlivněná i celková míra zotavení. Je důležité posuzovat ne jenom okamžité zotavení, ale také následnou rychlost zotavení v době relaxace vzorku. Vliv vazby na rychlost zotavení do 60s ukazuje tabulka 2. Lze vidět, že po první sekundě do 60s se všechny druhy vazeb zotavují stejně a to o  $27^\circ$ . Průběh zotavení do jedné minuty je znázorněn na obrázku 17. Podobného zotavení lze pozorovat i po zotavení po jedné minutě. Zde se zotavení u všech vazeb pohybuje přibližně kolem  $4\text{--}5^\circ$ .

Nová metoda snímání úhlu zotavení pomocí web kamery umožnila pozorovat průběh zotavení po celou dobu relaxace vzorku, tedy po dobu pěti minut, viz obrázek 18. Materiály S6, S7 i S8 mají tvar křivky zotavení podobný. Materiál S7 vykazuje dobrou relaxační schopnost a lze ho označit za nejméně mačkový. Toto tvrzení znázorňuje i křivka zotavení. Na základě velkého okamžitého úhlu zotavení tento materiál dosahoval po celou dobu relaxace větších hodnot než materiály S6 a S7.



Obrázek 17: Křivka zotavení S6, S7, S8 v 60 sekundě



Obrázek 17: Křivka zotavení S6, S7, S8 ve 300 sekundě

Sestrojená křivka zotavení slouží ne jenom k pozorování relaxace vzorku, ale také na odhalení a vypočtení deformací vzniklých v textiliích v průběhu mačkání, které se projeví v zotavení textilií.

Zotavovací proces je zakončen, když úhel  $\alpha$  je konstantní v čase  $t_1$ . Hodnota ( $\alpha_1 - \alpha_0$ ) se definuje, jako úhel elastického zotavení  $\alpha_E$ , který je ekvivalentní zotavené elastické deformaci. V plošné textilii zůstává zbytkový úhel, který lze charakterizovat jako plastickou deformaci, kterou vyjadřuje vztah:

$$\varepsilon_p = \frac{(180^\circ - \alpha_{300})}{180^\circ} * 100 \quad (9)$$

### 3.4 Deformace vzniké při pomačkání

Při pomačkání tkaniny lze pozorovat tři druhy defromací. Jedná se o deformace elastickou  $\varepsilon_E$ , viskoelastickou  $\varepsilon_V$  a trvalou  $\varepsilon_P$ . Pomocí úhlu zotavení v první sekundě  $\alpha_1$ , lze vyjádřit procento elastické (okamžité) deformace, která závisí na celikosti síly  $F$  a době zatížení. Hodnota viskoelastické deformace je dána zotavovací schopností textilie. Trvalá deformace vzniká až po přehnutí a zatížení vzorku. Po nějakém čase se může částečně zotavit. Platí, že čím je trvalá deformace menší, tím se textilie méně mačká. [20] Trvalá deformace vychází z intervalu (0,1). Hodnota deformace vychází z úhlu zotavení. Pokud je úhel zotavení roven  $0^\circ$  je deformace 1. Úhel zotavení  $180^\circ$  určuje doforaci rovnou 0. Hodnoty intervalu trvalé deformace znamenají: 0 – textilie je nemačková, 1- textilie se mačká. Konkrétní hodnoty deformací vzniklých při pomačkání ukazuje tabulka 3.



Keprová vazba ovlivnila nejvíce okamžitou elastickou doformaci a následně trvalou deformaci. Je důležité zmínit i zotavovací schopnost textilií, nebo – li viskoelastickou deformaci. Z tabulky 3 je patné, že se všechny materiály zotavovali stejně. Hodnota viskoelastické deformace je u všech materiálů přibližně 17%. Keprová vazba ovlivnila nejvíce elastickou a trvalou deformaci. Úhel zotavení v první sekundě materiálu S6 byl o 12° menší než u S7. Z čehož vyplývá, že je menší i elastická deformace. Nejnižší procento trvalé deformace vykazuje materiál S7, z čehož vyplývá že materiál S7 je nejméně mačkový.

*Tabulka 3: Deformace vzniklé při pomačkání*

	<b>S6</b>	<b>S7</b>	<b>S8</b>
$\alpha_1 [^\circ]$	91,81	104,26	100,22
$\alpha_{300} [^\circ]$	122,29	135,66	132,26
$\epsilon_E [\%]$	51	57,92	55,67
$\epsilon_z [\%]$	16,93	17,33	17,8
$\epsilon_P [\%]$	32,06	24,74	26,65
$\epsilon_{Cel} [\%]$	100	100	100

Keprová vazba ovlivnila nejen křivku zotavení a deformace vzniké při pomačkání. Elastická a trvalá deformace měla největší vliv na keprovou vazbu. Za nejméně mačkový lze označit materiál S6.

Innovovaná metoda hodnocení mačkovosti zkoumá vliv vazby na textilií. K měření jsou použity kruhové vzorky, které umožnily měření úhlu zotavení ve více směrech, což umožnilo posoudit jaký vliv má anizotropie na zotavení textilie.

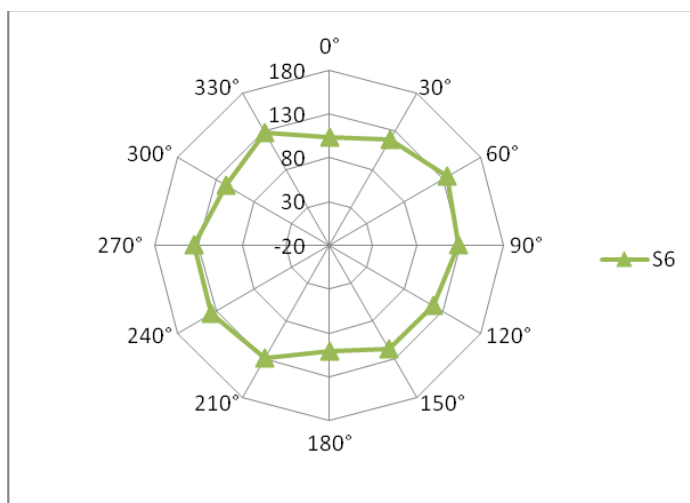
### 3.5 Vliv vazby na anizotropii zotavení textilie

Anizotropie je dle slovníků definována jako závislost fyzikálních vlastností látek na směru, ve kterém se měří. Dříve se pro měření makavosti používali obdélníkové vzorky. Zelová, Fridrichová se ve své práci [19] zabývaly problematikou vhodného tvaru vzorku pro měření makavosti. Bylo zjištěno, že kruhové vzorky jsou vhodnější

pro měření. U obdélníkových vzorků dochází při měření ke kroucení volného ramene. U obdélníkových vzorků bylo možné měřit úhel zotavení pouze ve dvou směrech (osnova, útek). Velkou výhodou kruhových vzorků, je možnost měření úhlu zotavení ve všech směrech, což je optimální pro hodnocení anizotropie. Výsledky měření anizotropie byly zpracovány pomocí polárních diagramů, na kterých je patrný vliv vazby na anizotropii zotavení textilie. Obrázky 18,19,20 blíže popisují anizotropii materiálů S6, S7 a S8.

Polární diagramy jsou rozděleny do čtyř kvadrantů. První kvadrant je v rozmezí  $0^\circ - 90^\circ$ , druhý kvadrant označuje rozmezí úhlů  $90^\circ - 180^\circ$ , třetí  $180^\circ - 270^\circ$  a čtvrtý  $270^\circ - 360^\circ$ . V polárních diagramech jsou vyznačeny úhly zotavení v jednotlivých směrech pootočení po  $30^\circ$ . Obrázky 18,19,20 blíže popisují anizotropii materiálů S6, S7 a S8.

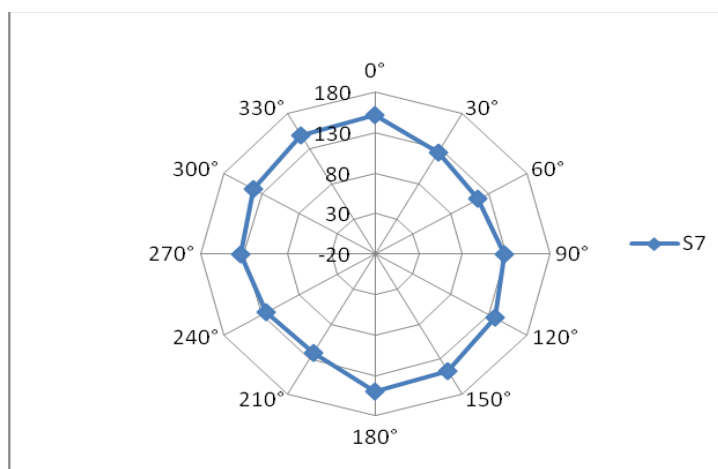
V obrázku 18 je znázorněna anizotropie materiálu S6 v keprové vazbě, která se provázáním přízí podobá vazbě plátnové. Anizotropie vykazuje téměř kruhový tvar. Vazba ovlivnila anizotropii vzorku, které byly střižené po osnově a přehnuté ve směru útku. V pootočení  $0^\circ/180^\circ$  je patrný nejmenší úhel zotavení. Vzorky střižené ve směru útku dosahovaly větších hodnot úhlů zotavení.



Obrázek 18: Anizotropie úhlu zotavení S6 ve  $300^\circ$

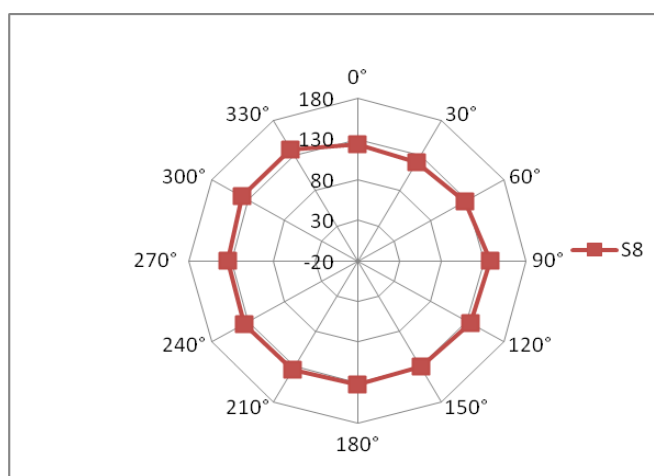
V obrázku 19 je vyobrazena anizotropie úhlu zotavení pro materiál S7 s keprovou vazbou K 1/5. Anizotropní u materiálu S7 má na první pohled jiný tvar než materiál S6. Křivka má spíše elipsový tvar. Vliv na tvar anizotropie má v tomto případě vazba. Větší délka plovoucích nití u S7 má za následek větší zotavení materiálu. Na rozdíl od materiálu S6, který měl ve směru osnovy  $0^\circ/180^\circ$  nejmenší úhel zotavení, materiál S7 má v těchto směrech největší úhel zotavení. Materiál S6 vykazoval největší zotavení v kvadrantech I a III, kdežto S7 vykazuje menší zotavení v těchto kvadrantech.

V kvadrantech II a IV vykazuje S6 menší zotavení, naopak S7 v těchto kvadrantech má největší zotavení



*Obrázek 19: Anizotropie úhlu zotavení S7*

Anizotropie materiálu S8 je znázorněna v obrázku 21. Anizotropie má tvar téměř plynulého kruhu. Rozdíly v úhlech zotavení jsou u materiálu S8 nepatrné. Keprová vazba S8 by se dala charakterizovat jako kombinace S6 a S7. Délka plovoucích nití je stejná jako u S7. S8 má zároveň 2 osnovní vazné body jako S6. Anizotropie S8 je tedy shodná částečně s oběma materiály. Kruhový tvar vykazuje S6 stejně tak jako S8. Délka plovoucích útkových nití způsobila větší zotavení v kvadrantech II a IV. U S8 je však zotavení v těchto směrech jen nepatrně větší.



*Obrázek 20: Anizotropie úhlu zotavení S8*

Měření ve všech směrech umožnilo změřit anizotropii. Anizotropie byla znázorněna do polárních diagramů. Polární diagramy znázorňují úhly zotavení

v jednotlivých směrech. Křivka anizotropie ukazuje chování jednotlivých materiálů době jejich relaxace.

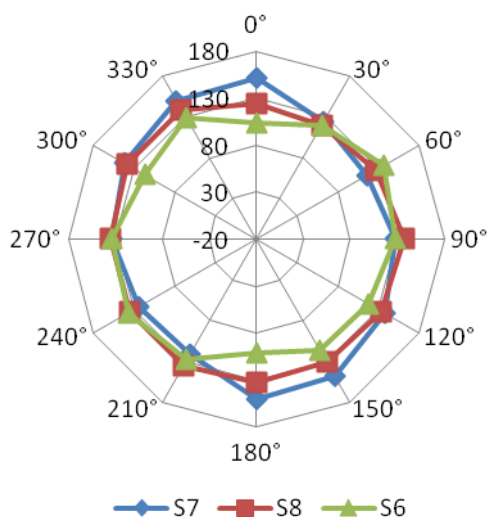
### 3.5.1 Porovnání anizotropie keprové vazby

Pro měření bylo použito tří druhů keprových vazeb. Materiál S6 s vazbou  $\frac{1}{2}$ , S6 s vazbou  $\frac{1}{5}$  A S8 s vazbou  $\frac{2}{4}$ . Materiál S6 se provázáním přízí podobá nejvíce plátňové vazbě. Materiál S7 má nejdelší délkou plovoucích (útkových) nití.

Anizotropie je znázorněna v polárních diagramech. Polární diagram znázorňuje úhel zotavení ve směru pootočení vzorku. Obrázek 21 znázorňuje polární diagram, ve kterém je zakreslena anizotropie všech třech zkoumaných materiálů v keprové vazbě.

Keprová vazba ovlivnila anizotropii ve všech směrech. Ve směru pootočení  $0^\circ/180^\circ$  (osnova) se nejlépe zotavil materiál S7, nejmenší zotavení v tomto směru má materiál S6. Velké zotavení materiálu ve směru osnovy mohla způsobit délka plovoucích nití. Se snižující se délkou plovoucích nití se zmenšuje zotavení ve směru osnovy. Materiál S6 dosáhl největšího úhlu zotavení ve druhém a třetím kvadrantu  $60^\circ/240^\circ$ . V tomto směru lze považovat materiál za nejméně mačkový.

Anizotropie materiálu S7 má elipsovitý tvar. Největších hodnot úhlu zotavení dosahoval materiál v II a IV kvadrantu. Materiál S7 se nejlépe zotavoval ve směru osnovy  $0^\circ/180^\circ$ . Tvar anizotropie materiálu S8 má nejplynulejší průběh. Je patrné, že keprová vazba K2/4 ovlivnila zotavení ve všech směrech stejně.



Obrázek 21: Anizotropie úhlu zotavení ve  $300^\circ$  pro keprové vazby

Díky měření ve více směrech bylo možné porovnat chování materiálů nejen ve směru osnovy a útku. Anizotropie byla znázorněna pomocí polárních diagramů, které ukázaly zotavení materiálů více směrech. Pomocí téhle metody lze posoudit, který směr materiálu vykazuje nejmenší mačkovost.

## Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zjistit vliv vazby na anizotropii mačkovosti a schopnost zotavení textilie.

Bakalářská práce je rozdělena na dvě části: teoretickou a experimentální. Teoretická část je zaměřena na rešerši parametrů ovlivňující mačkovost a způsob hodnocení mačkovosti.

Teoretická část je rozdělena do několika kapitol. Teorie je zaměřena na definici a jednotky mačkovosti. Dále je zde provedena rešerše parametrů a faktorů, které mačkovost ovlivňují. Při pomačkání textilií vznikají tři druhy deformací: okamžitá, viskoelastická a trvalá deformace. Jednotlivé deformace jsou popsány v další kapitole teoretické části. Existuje ale i způsob jako pomačkání textilie částečně zabránit. Pomačkání lze částečně zabránit nemačkovou úpravou. Poslední kapitola teoretické části se zabývá rešerší metod, pomocí kterých se mačkovost hodnotí. V dnešní době jsou nejvíce rozšířené úhlové metody. Úhlové metody podléhají vývoji. Mezi novou metodu patří inovovaná metoda snímání úhlu zotavení pomocí web kamery. Touto metodou se zabývá experimentální část této práce.

Vzhledem k nevýhodám, jako je nepřesnost a zdlouhavé měření se v dnešní době upouští od ručního měření úhlu zotavení a přechází se k modernějším a více účinným způsobům. V experimentální části je popsána inovovaná metoda hodnocení mačkovosti pomocí úhlu zotavení. Celý proces je snímán pomocí web kamery. K měření byly použity kruhové vzorky, které mají řadu výhod. Jednou z výhod je možnost měření úhlu zotavení ve více směrech. Díky vybavení KOD bylo možné měřit dva vzorky a tedy úhel zotavení ve dvou směrech najednou. Web kamera pořídila 24 fotografií u každého vzorku. Pomocí programu Nis Elements se měřil úhel zotavení, naměřená data byla transportována do programu MS Excel, kde byla následně zpracována a vyhodnocena. V této práci byly zpracovány tři materiály s různou keprovou vazbou (S6, S7 a S8), a stejnou dostavou.

Inovovaná metoda umožňuje zkoumat mačkovost pomocí úhlu zotavení. Měření lze provádět ve více směrech, což umožnilo změřit anizotropii materiálu. Lze tak lépe simulovat pomačkání, které vzniká v průběhu používání textilie a textilních výrobků. Na základě provedeného experimentálního měření lze konstatovat:

- Zotavení textilie – celý proces od zatížení zkoumaného vzorku až po ukončení relaxace byl snímán web kamerou. Díky této zkušenosti bylo možné pozorovat celý průběh zotavení textilie. Bylo možné změřit úhel zotavení již v první sekundě po sejmutí závaží. Na základě úhlu zotavení vznikla křivka zotavení. Druh keprové vazby ovlivnil nejen okamžitou schopnost zotavení, ale i celkovou míru zotavení. Za důležité lze považovat i následnou rychlost zotavení. Po první sekundě se všechny materiály zotavovaly stejně a to o  $27^\circ$ . Následné zotavení po první minutě nebylo tak velké, materiály se zotavovaly přibližně kolem  $4^\circ$ - $5^\circ$ . Nejvyšších hodnot úhlu zotavení dosáhl materiál S7, který lze považovat za nejméně mačkavý. Křivka zotavení umožnila zkoumat nejen velikost a průběh zotavení ale i vzniklé deformace při pomačkání.
- Deformace – při pomačkání vznikají tři druhy deformací: elastická, viskoelastická a trvalá. Keprová vazba nejvíce ovlivnila elastickou deformaci, která vzniká v první sekundě po sejmutí závaží. Materiál S7 vykazoval opět nejvyšší hodnotu elastické deformace 58%. Viskoelastická deformace udává zotavovací schopnost textilie, její hodnota se u všech materiálů pohybovala okolo 17%. Trvalá deformace byla ovlivněna zotavovací schopností textilie. Trvalá deformace závisí na velikosti elastické deformace. Čím je elastická deformace větší, tím je trvalá deformace menší a tedy tkanina méně mačkavá.
- Anizotropie – měření kruhových vzorků umožnilo měření úhlu zotavení ve více směrech, nejen ve směru osnovy a útku. Materiál S6 ovlivnila anizotropie nejvíce ve směru osnovy  $0^\circ/180^\circ$ , kde nabyl úhel zotavení nejnižších hodnot. Naopak materiál S7 v tomto směru měl největší úhel zotavení a byl v tomto směru nejméně mačkavý. Křivka anizotropie u materiálu S7 měla jako jediná elipsovitý tvar, což lze přisuzovat délce plovoucích nití. Větší délka plovoucích nití (frotáží u keprové vazby) způsobila větší zotavení – menší mačkavost. Materiály lze postupně seřadit. 1.S7 2.S8 3. S6, kdy 1. Je nejméně mačkavý a S6 nejvíce mačkavý.

Metody hodnocení mačkovosti procházejí a budou procházet stále ještě velkým vývojem. Nová inovovaná metoda snímání úhlu zotavení pomocí web kamery patří v dnešní době velmi přesné. Existuje zcela jistě ještě několik otázek, které by pomohly tuto metodu vylepšit. Celé měření bylo prováděno v laboratořích KOD. Není zcela vyloučené, zda měření neovlivnila vlhkost vzduchu.

Pro další měření bych doporučila, prozkoumat jak velký vliv má vlhkost vzduchu při měření mačkovosti.



## Použitá literatura

- [1] Staněk, J., Kubičková M., *Oděvní materiály*, 1. vydání, VŠST Liberec 1986.
- [2] Norma ČSN EN 22313 *Plošné textilie, zjišťování mačkovosti – schopnosti zotavení horizontálně složeného vzorku měřením úhlu zotavení*, Český normalizační institut Praha 1992.
- [3] Hunter, L., S. Smuts and I. W. Kelly, *The Effect of Fibre Diameter on the Wrinkling and Other Physical Properties of Mohair and Mohair/Wool Woven Fabrics*, Tech. Rep. 446. South African Wool and Textile Research Institute 1979.
- [4] Sochor, B., *Mačkovost tkanin a její měření*. Danielis, J a kol. Nová technika měření a zkoušení v textilním průmyslu. Praha: SNTL, 1957, s. 179-203.
- [5] Vík, M., *Finální úpravy I*. Dostupné z: <http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/dokumenty/fut/4%20FIN.pdf>.
- [6] Fremelová, M., *Vliv různého počtu přádních a skacích zákrutů bezvřetenové příze na žmolkování a mačkovost tkanin*. Textil, roč. 31, č. 8, s. 292 – 294, 1976.
- [7] *Parameters influencing fabrics wrinkling*. Dostupné z: <http://www.indiantextilejournal.com/articles/FAdetails.asp?id=502>.
- [8] Zelová, K., *K problematice mačkovosti plošných textilií*. SVOČ 2009. ISBN 978-80-7372-482-5
- [9] Haškovcová I., *Vliv jednotlivých vlastností na mačkovost*, Liberec 2009.
- [10] Norma ČSN 80 0871, *Stanovení mačkovosti pomocí dutého válce*. Český normalizační institut, Praha 1987.
- [11] Fleissig, J., Pešová, Z., *Hodnocení mačkovosti textilií*. Textil, roč. 30, č. 4, s. 138 – 140, 1975.
- [12] Staněk, *Nauka o textilních materiálech, díl 1, část 4. Vlastnosti délkových a plošných textilií*, VŠST, Liberec 1988.
- [13] Uchytilová, M., *Vlákna z obnovitelných zdrojů surovin*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2010.
- [14] Davidková, B. *Vliv struktury textilií na tvarovou stálost plošných textilií*. Liberec 2010
- [15] *International Journal of Clothing Science and Technology, Volume list*. Dostupné z: [www.emeraldinsight.com/0955-6222.htm](http://www.emeraldinsight.com/0955-6222.htm).
- [16] Textile research journal, *Studies of Wrinkling Properties of Wool Fabrics*, 1973.
- [17] ZELOVÁ, K.: Mačkovost textilií. Seminář doktorandů, TUL 2009
- [18] Odehnalová K., *Anizotropie ohybové tuhosti plošných textilií*, Liberec 2010.
- [19] Zelová K., Fridrichová L., *Innovated method of measuring the crease recovery angles of textiles*, STRUTEX, TU Liberec 2009.
- [20] Fridrichova, L., Zelová, K.. Objective evaluation of multidirectional fabric creasing. The Journal of The Textile Institute, 2011, Vol. 102, No. 8, 719–725.

## Seznam obrázků

<i>Obrázek 1: Průběh deformace po odlehčení vzorku textilie [12]</i> .....	11
<i>Obrázek 2 vlněné vlákno [19]</i> .....	13
<i>Obrázek 3: bavlněné vlákno[19]</i> .....	14
<i>Obrázek 4: Přístroj pro měření mačkavosti s etalony a závaží [9]</i> .....	19
<i>Obrázek 5. Zjišťování mačkavosti[4].</i> .....	21
<i>Obrázek 6: Saxlova metoda[1]</i> .....	23
<i>Obrázek 7: Vzorky připravené k měření [14]</i> .....	26
<i>Obrázek 8: Princip měření</i> .....	27
<i>Obrázek 9: Měření úhlu zotavení</i> .....	27
<i>Obrázek 11: Střída vazby a rozkreslení po střídě u mat. S6[18]</i> .....	28
<i>Obrázek 13: Střída vazby a rozkreslení po střídě u mat S7[18]</i> .....	28
<i>Obrázek 15: Střída vazby a rozkreslení po střídě u mat. S8[18]</i> .....	28
<i>Obrázek 10: Snímek vzorku S6[18]</i> .....	28
<i>Obrázek 12: Snímek vzorku S7[18]</i> .....	28
<i>Obrázek 14: Snímek vzorku S8[18]</i> .....	28
<i>Obrázek 16: Úhel zotavení V 1,60,300 sekundě</i> .....	29
<i>Obrázek 17: Křivka zotavení S6, S7, S8 v 60 sekundě.</i> .....	30
<i>Obrázek 18: Anizotropie úhlu zotavení S6 ve 300°</i> .....	33
<i>Obrázek 19: Anizotropie úhlu zotavení S7</i> .....	34
<i>Obrázek 20: Anizotropie úhlu zotavení S8</i> .....	34
<i>Obrázek 21: Anizotropie úhlu zotavení ve 300° pro keprové vazby</i> .....	35

## Seznam tabulek

<i>Tabulka 1 Délka přeloženého vzorku</i> .....	22
<i>Tabulka 2 Průměrné úhly zotavení v 1. 60. 300. sekundě po sejmutí závaží</i> .....	29
<i>Tabulka 3 Deformace vzniklé při pomačkání</i> .....	32

## **Příloha**

**Příloha: Hodnoty úhlu zotavení ve 300s materiálů S6, S7, S8**

Směr pootočení	Úhel zotavení ve 300.sekundě [°]		
	S6	S7	S8
0° (osnova)	101,87	160,84	108,20
	104,93	155,03	132,27
	103,71	151,96	137,65
	101,31	152,35	126,25
	104,16	141,79	140,63
	104,89	146,31	129,26
Průměr	<b>103,48</b>	<b>151,38</b>	<b>129,04</b>
Směr.odchylka	1,41	6,08	10,50
Var.koeficient [%]	1,36	4,00	8,12
95% IS	<71,67- 72,32>	<70,59- 73,40>	<69,58- 74,24>
30°	112,36	123,85	133,93
	110,18	124,61	124,82
	115,95	122,69	116,14
	127,93	104,29	115,04
	130,13	131,16	122,18
	130,18	138,99	109,40
Průměr	<b>121,12</b>	<b>124,27</b>	<b>120,25</b>
Směr.odchylka	8,49	10,54	7,89
Var.koeficient [%]	7,00	8,47	6,55
95% IS	<70,04- 73,96>	<69,57- 74,43>	<70,18- 73,82>
60°	139,46	118,85	135,82
	132,53	126,05	110,44
	135,58	118,68	138,08
	139,76	114,64	120,00
	130,73	127,58	130,61
	141,44	119,90	126,66
Průměr	<b>136,58</b>	<b>120,95</b>	<b>126,94</b>
Směr.odchylka	3,95	4,48	9,46
Var.koeficient [%]	2,89	3,70	7,44
95% IS	<71,09-72,91>	<70,97- 73,03>	<69,82 - 74,18>
90° (útek)	131,69	123,94	134,45
	127,20	115,02	149,36
	127,29	132,29	139,35
	126,81	128,31	140,28
	129,25	135,70	128,97
	125,50	133,41	134,20
Průměr	<b>127,96</b>	<b>128,11</b>	<b>137,77</b>
Směr.odchylka	2,00	6,98	6,38

Var.koeficient [%]	1,55	5,44	4,63
95% IS	<71,54- 72,46>	<70,39- 73,61>	<70,53 - 73,47>
120°	116,26	132,21	140,63
	120,84	138,21	123,38
	128,84	143,52	135,94
	122,52	144,16	138,64
	103,76	134,40	128,70
	115,11	135,62	137,52
Průměr	<b>117,89</b>	<b>138,02</b>	<b>134,14</b>
Směr.odchylka	7,75	4,48	6,09
Var.koeficient [%]	6,65	3,24	4,53
95% IS	<70,22- 73,78>	<70,97-73,03>	<70,6-73,40>
150°	98,91	148,60	124,65
	116,71	141,71	127,57
	122,30	148,25	121,34
	121,64	154,39	133,60
	121,11	152,20	129,09
	116,56	138,68	134,42
Průměr	<b>116,21</b>	<b>147,31</b>	<b>128,45</b>
Směr.odchylka	8,06	5,51	4,62
Var.koeficient [%]	6,93	3,74	3,59
95% IS	<70,14- 73,86>	<70,73- 73,27>	<70,94- 73,06>
180°	103,40	153,66	133,33
	102,52	149,96	148,11
	92,37	146,25	126,36
	95,64	148,11	131,94
	98,96	150,27	131,21
	112,40	153,69	124,68
Průměr	<b>100,88</b>	<b>150,32</b>	<b>132,61</b>
Směr.odchylka	6,39	2,71	7,58
Var.koeficient [%]	6,33	1,80	5,71
95% IS	<70,53- 73,47>	<71,38-72,62>	<70,25- 73,75>
210°	132,40	120,37	127,05
	123,68	124,42	131,50
	130,82	116,75	136,27
	137,56	115,25	140,75
	120,14	139,27	139,88
	132,60	128,49	133,87
Průměr	<b>129,53</b>	<b>124,09</b>	<b>134,89</b>
Směr.odchylka	5,86	8,12	4,75
Var.koeficient [%]	4,52	6,54	3,51
95% IS	<69,79-74,21>	<70,13-73,87>	<70,91-73,09>

240°	131,59	120,64	141,80
	122,58	119,79	128,04
	134,49	123,63	137,42
	139,57	124,83	131,33
	138,24	130,03	133,75
	154,38	123,78	136,55
Průměr	<b>136,81</b>	<b>123,78</b>	<b>134,82</b>
Směr.odchylka	9,60	3,32	4,43
Var.koeficient [%]	7,07	2,67	3,28
95% IS	<69,79-74,21>	<71,24- 72,76>	<70,98- 73,02>
270°	137,38	120,90	136,80
	133,52	137,21	128,19
	122,68	135,72	131,90
	133,74	135,00	128,71
	140,28	139,89	146,53
	137,83	130,55	135,64
Průměr	<b>134,24</b>	<b>133,21</b>	<b>134,63</b>
Směr.odchylka	5,68	6,17	6,21
Var.koeficient [%]	4,23	4,63	4,60
95% IS	<70,69-73,31>	<70,58-73,42>	<70,57-73,43>
300°	121,35	137,90	140,56
	108,95	138,89	144,59
	133,59	141,28	146,88
	123,60	140,82	137,56
	112,50	144,83	132,05
	115,43	145,71	129,21
Průměr	<b>119,24</b>	<b>141,57</b>	<b>138,48</b>
Směr.odchylka	8,12	2,86	6,33
Var.koeficient [%]	6,80	2,01	4,56
95% IS	<70,13-73,87>	<71,34-72,66>	<70,54-73,46>
330°	137,25	158,76	136,95
	121,74	152,23	145,09
	136,23	150,56	138,93
	133,59	134,26	138,04
	118,83	161,56	135,78
	126,02	142,26	139,66
Průměr	<b>128,94</b>	<b>149,94</b>	<b>139,08</b>
Směr.odchylka	7,15	9,34	2,97
Var.koeficient [%]	5,53	6,22	2,13
95% IS	<70,35-73,65>	<69,84-74,15>	<71,32-72,68>